

ニホンウナギの保護活動から見てきた植林の重要性

福岡県立伝習館高校 自然科学部

大橋壮汰 百原未明 坂田由衣 江口新 宮崎瑛 松清みゆき 水崎偉利愛 鬼崎元幹 久米耕平 坂口歩夢 吉田遥晴 藤本春菜 平田紗里奈 平野芹夏 山崎瑞稀

はじめに 伝習館高校が位置する柳川市は、江戸時代に人が上水道として造った柳川掘割をめぐる川下りやうなぎの蒸籠蒸しを目玉とする観光の街である。私たちは、2014年にニホンウナギが国際自然保護連合によって絶滅危惧IB類に指定された時から、ニホンウナギの絶滅を回避するために柳川掘割と飯江川でシラスウナギの特別採捕と飼育、および標識放流を行っている。2022年3月現在、特別採捕数は1000尾、放流個体数は8700尾を超えている。また、同県みやま市にある飯江川には魚類が登攀できるような魚道がない可動堰が多くあり、生物多様性に悪影響を与えている。そのため上流域に広葉樹を植林し、森の腐植層を厚くすることで保水力を回復させ、生物多様性を守る活動を行っている。さらに、ニホンウナギの飼育水槽にクスノキ落葉を入れると初期死亡率が激減することを発見した。

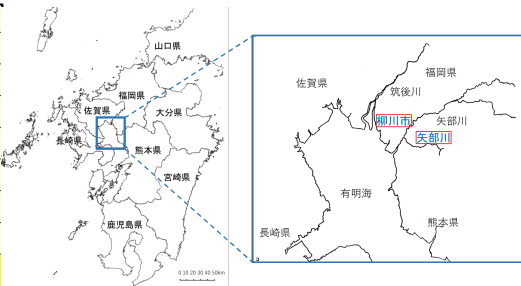
2016年～2021年シラスウナギ特別採捕数

採捕年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
12月	0	1	0	6	3	5
1月	5	10	44	88	544	343
2月	54	201	320	189	1241	648
3月	479	1275	218	274	1673	194
4月	48	33	189	259	484	231
5月	79	85	82	33	667	23
6月	4	9	45	10	1	
7月	0	0	0	0	0	
合計	669	1614	898	859	4613	1444

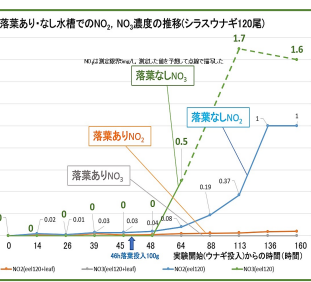
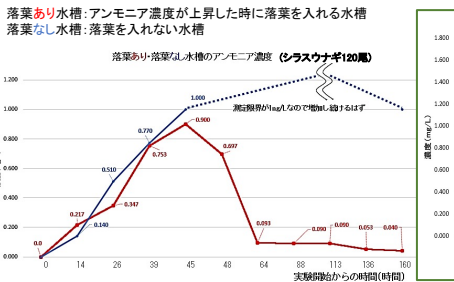
※1:2021年5月特別採捕開始。2021年5月20日現在
※2:2021年5月1日から特別採捕開始。4月1日、2021年5月4日から6日2日間、16日2日間

放流年	放流個体数	特別採捕個体数	死亡率(%)	平均体長(mm)	平均湿重量(g)	備考
2015年	52	62	16.13	92.8	0.81	2015年4月1日より許可
2016年	590	669	12.56	91.1	0.68	
2017年	956	1614	42.07	92.0	0.69	放流数は2016年継続飼育5尾を含む
2018年	667	898	27.51	87.9	0.65	放流数は2017年継続飼育26尾を含む
2019年	868	859	0.12	88.7	0.64	放流数は2018年継続飼育72尾を含む
2020年	4303	4613	5.33	80.0	0.49	放流数は2019年継続飼育62尾を含む
2021年	1340	1444	6.90	79.4	0.47	放流数は2020年継続飼育64尾を含む 継続飼育12尾は2022年へ
合計	8776	10159				

※1:平均体長と平均湿重量は全放流個体の平均
※2:2021年の死亡率は2021年8月4日現在の死亡個体数より算出



アンモニア濃度低下のプロセスを調べる実験



落葉を投入(46時間後)するとアンモニア濃度が1時間以内に下がることが分かった。

落葉なし水槽では亜硝酸・硝酸イオンが検出されたが、落葉あり水槽ではどちらのイオンも検出されなかった。

仮説:落葉あり水槽では好気的環境でアンモニア濃度が低下したことからアンモニウムイオンと硝化作用の結果生じた硝酸イオンなどが細菌に直接取り込まれ代謝されたので亜硝酸・硝酸イオンが検出されなかったのではないかな?

○落葉あり水槽で酸素があればNH₄⁺の代謝と硝化作用が起こったことを検証する実験

落葉を入れて酸素を供給した場合とそうでない場合でのアンモニア濃度の変化を比較した。

白濁している

エアレーションあり
(酸素が豊富)

Ammonia濃度およそ0.2ppm

白濁していない

エアレーションなし
(酸素が不足)

Ammonia濃度およそ3.0ppm

結果:落葉を投入して酸素を供給した場合のみアンモニア濃度の低下がみられ、細菌が増殖したことにより水槽が白濁した。

アンモニアの代謝

アンモニウムイオン (NH₄⁺) → 代謝 → ガルタミン酸 (C₆H₁₁NO₆) → 化学変化 → ピログルタミン酸 (C₆H₇NO₆)

※水素原子は付加するため、硝化(NH₄⁺→NO₂⁻→NO₃⁻)と区別される。

落葉あり水槽では、亜硝酸・硝酸イオンがないので植物性プランクトンが増殖しなかった。

植物性プランクトンの増殖は見られない

硝化作用: NH₄⁺ + O₂ → NO₂⁻ + H₂O → NO₃⁻ + H₂O

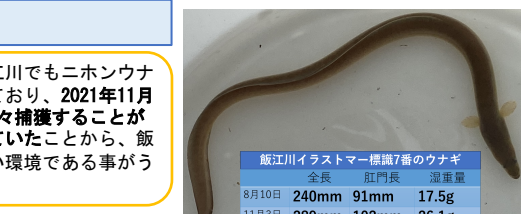
亜硝酸菌! 硝酸菌!

硝化・脱窒を行うとされるPseudomonas属

また、細菌叢の解析を吉田天士先生に行っていたところ、落葉あり水槽から硝化を行うシュドモナス属が発見された。さらに、脱窒を行うフザリウム属の菌類が顕微鏡で観察された。

飯江川

先述した通り私たちは、飯江川でもニホンウナギの放流と生態調査を行っており、2021年11月3日には放流したウナギを再々捕獲することができた。3か月で5cm成長していたことから、飯江川にはエサが豊富にある良い環境である事がうかがえる。



しかし



飯江川には可動堰が多く、海と川を生物が行き来できない。

本当に生物たちが登ってこれないのか確かめるためにイラストマー蛍光標識(図A)で図Bの1,2の位置に印をつけたウナギを図Cの3,5の場所に50尾ずつ放流し、舞鶴ふれあい公園まで遡上できるかを2020年10月に調べた。



可動堰のデメリット

イラストマーウナギ再捕獲できず...
→生物の移動の妨げ

可動堰のメリット

【目的】
豪雨災害の軽減
農業用水の確保
→生活を守る

広葉樹の植林

広葉樹の林床では厚い腐植層が形成されることで団粒構造が生まれる。このことによって森に保水力が備わり可動堰が果たしてきた役割を森が担うことができるようになる。

右の写真は令和4年3月6日に飯江川上流の竹林を伐採した跡にイロハモミジやマザクラを植林をしたときの新聞記事。これからも地元の方と共にこのような活動を行ってきたい。読売新聞2022年3月8日朝刊



硝化・脱窒を行うとされるPseudomonas属

ID	RTtime	RI	Quant mass	FS%	Metabolic name	Comment	SN	ANOVA	fold change	BarChart
208	6.77	15554	156.1	0.95	Pseudomonas sp. Pseudomonas sp.		11454	7.05E-01	1.60	
205	6.77	15554	147.1	0.92	Malic acid	リンゴ酸	3373	6.55E-01	4.45	
205	6.49	13989	179.1	0.82	Threonine, D	チロニン	3524	6.89E-01	1.60	
93	6.86	12287	164.1	0.83	Isomaltose	イソマルト糖	3000	9.24E-01	1.51	
237	9.02	14473	218.1	0.82	Homoisocitric acid	ホモイソクエン酸	1991	3.55E-01	1.40	
27	5.41	10851	147.0	0.63	Pyruvic acid	グリコール酸	3024	9.20E-01	4.17	

図の6つの物質は落葉入り水槽のみで高く、有機態窒素が含まれていること。落葉入り水槽では、クスノキ落葉を入れたことによりC/N比が高くなったこと。この2つのことより、私たちは落葉の投入で生じた炭素の増加とアンモニアの増加により窒素が非常に速やかに細菌の体内に取り込まれ、アンモニアが窒素を含む有機物に代謝されたと考えた。しかし、まだ確信できる証拠がないためこれからも解明を続けたい。

Keyword:ピログルタミン酸

青...クスノキ落葉ありウナギ水槽
赤...ウナギのみ水槽
緑...落葉のみ水槽
など計8つ

これらのことから、水環境を維持するためには、アンモニアを取り込み代謝する細菌や硝化細菌などの細菌類を活発に働かせる必要がある。このために広葉樹の林床の団粒構造を発達させ、好気的環境をつくるのが大切だ。

- 引用**
- 京都大学応用微生物学研究室の岸野重信先生に分析して頂いたメタボローム解析より抜粋
- 謝辞**
- 望岡典隆先生からは、石倉かごの寄贈など研究全体にわたってご指導を頂いています。
 - 京都大学のフィールド科学教育研究センターの先生方、田中克先生、山下洋先生、徳地直子先生、岸野重信先生、吉田天士先生からは、ウナギ水槽の水質分析や有機物、細菌叢など様々な解析をしていただきました。また、舞鶴水産実験所の皆様には水質分析を行って頂きました。京都大学の先生方から貴重なアドバイスを頂きました。
 - 私達の活動は(一社)北部九州河川利用協会の助成を受けています。
 - 分光光度計AQUALYTIC社製AL800は(公財)藤原ナチュラルヒストリ振興財団の助成で購入させていただきました。